مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۳، شماره ۲، سال ۱۳۹۶

# ویژگی‌های مورفولوژیک، محتوای پروتئین و ترکیب اسیدهای چرب چند ژنوتیپ برتر گردو (*Juglans regia* L.) در شمال استان فارس

# Morphological Characteristics, Protein Contents and Fatty Acids Composition of some Walnut (*Juglans regia* L.) Superior Genotypes in the North of Fars Province

سعادت ساریخانی خرمی[۱]، کاظم ارزانی[۲]، قاسم کریم‌زاده[۳] و عبدالعلی شجاعیان[۴]

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانشجوی سابق دکتری، استاد و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۳- استاد، گروه اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۴

## چکیده

ساریخانی‌خرمی، س.، ارزانی، ک.، کریم‌زاده، ق. و شجاعیان، ع. ۱۳۹۶. ویژگی‌های مورفولوژیک، محتوای پروتئین و ترکیب اسیدهای چرب چند ژنوتیپ برتر گردو (*Juglans regia* L.) در شمال استان فارس. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۳: ۱۸۴- ۱۶۳.

**وجود مقادیر بالای اسیدهای چرب غیراشباع سبب شده تا گردو به عنوان یک محصول استراتژیک با ارزش غذائی و داروئی بالا در تغذیه انسان معرفی شود. در این تحقیق که در سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ انجام شد، ویژگی‌های مختلف مورفولوژیکی (در تمام این سال‌ها)و بیوشیمیائی (در دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) ۹ ژنوتیپ گردو که در ارزیابی‌های قبلی در استان فارس به عنوان ژنوتیپ‌های برتر انتخاب شده بودند، مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، این ژنوتیپ‌ها دارای وزن میوه (۱۹/۳۶-۱۳/۲۰ گرم)، وزن مغز (۹/۵۲-۷/۱۳ گرم)، درصد مغز (۵۷/۹۲-۴۶/۸۹ درصد)، عادت باردهی جانبی (۶۴/۰۸-۴۵/۶۲ درصد) و رنگ مغز روشن بودند. مقادیر پروتئین، روغن و فنل کل موجود در مغز این ژنوتیپ‌ها به ترتیب ۱۹/۱۳-۱۲/۵۸ درصد، ۷۰/۷۲-۵۴/۸۳ درصد و ۵۶/۶۳-۴۳/۲۶ میلی‌گرم اسیدگالیک اکی‌والان بر گرم وزن خشک عصاره استخراج شده بود. اسید پالمیتیک (۷/۶۵-۶/۰۰ درصد)، اسید استئاریک (۳/۴۱-۱/۷۲ درصد)، اسید اولئیک (۳۰/۹۶-۱۹/۲۸ درصد)، اسید لینولئیک (۵۹/۰۵-۴۷/۳۷ درصد) و اسید لینولنیک (۱۶/۹۹-۹/۸۹ درصد)، اسیدهای چرب غالب این ژنوتیپ‌ها بودند. مقادیر بسیار کمی از اسید آراشیدونیک و اسید اروسیک نیز در برخی از ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری شد. درصد اسیدهای چرب غیراشباع با چند باند مضاعف (PUFA) به‌طور معنی‌داری بیشتر از اسیدهای چرب غیراشباع با یک باند مضاعف (MUFA) بود. بیشترین مقادیر اسیدهای چرب غیراشباع با یک و چند باند مضاعف به ترتیب در ژنوتیپ‌های FaEqHm1 و FaEqNs5 مشاهده و اندازه‌گیری شد و ژنوتیپ FaEqDm1 دارای بیشترین مقدار اسیدچرب اشباع و کمترین مقدار اسیدچرب غیراشباع بود.**

**واژه‌های کلیدی: گردو، صفات مورفولوژیکی، اسیدهای چرب غیراشباع، فنل کل، درصد روغن.**

---

نویسنده مسئول: k_arzani@modares.ac.ir تلفن: ۰۲۱۴۸۲۹۲۰۹۴

**مقدمه**

گردوی ایرانی با نام علمی *Juglans regia* L., (2n = 32)، دومین خشکبار مهم دنیا ازنظر مقدار تولید است. ایران با تولید بیش از ۱۳ درصد گردوی دنیا (۴۵۳۹۸۸ تن)، یکی از مراکز اصلی کشت و کار و تنوع گردو در دنیا است که پس از کشور چین، بزرگ‌ترین تولیدکننده این محصول به‌شمار می‌رود (Anonymous, 2013). با ارتقاء سطح دانش و آگاهی مردم دنیا، مصرف‌کنندگان بیش از پیش به دنبال کیفیت، نوع رژیم غذایی و ترکیب‌های مفید برای سلامت هستند. گردو یکی از این محصولات مهم است که فواید آن برای سلامت انسان، به ترکیب شیمیایی مغز آن نسبت داده می‌شود. مصرف منظم گردو، با کاهش معنی‌دار میزان لیپوپروتئین‌ها (LDL و HDL) سبب کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های گرفتگی عروق می‌شود (Davis *et al.,* 2007؛ Blomhoff *et al.,* 2006). مغز گردو دارای مقادیر بالایی از روغن (۷۳-۵۱ درصد) با اسیدهای چرب اشباع‌نشده است (Ghasemi *et al*., 2010) که این درصد ممکن است بسته به رقم، محل و مرحله رشد متفاوت باشد (Dogan and Akgul, 2005). مقادیر بالای روغن و پروتئین (۲۴-۱۶/۶۶ درصد) مغز گردو، وجود این میوه را در تغذیه انسان ضروری کرده است، بنابراین گردو به عنوان یک گونه استراتژیک در تغذیه انسان معرفی‌شده و در سازمان خواروبار کشاورزی جهانی (FAO)، در لیست محصولات برتر قرار دارد (Gandev, 2007). گردو علاوه بر روغن و پروتئین، دارای مقادیر فراوانی از کربوهیدرات‌ها (۱۶-۱۲ درصد)، فیبر (۲-۱/۵ درصد)، ملاتونین (Reiter *et al.,* 2005)، مواد معدنی (۲-۱/۷ درصد)، مس، اسیدفولیک، پتاسیم و ویتامین E (Mao and Hua, 2012)، استرول‌های گیاهی (Pereira *et al.,* 2008)، فلاونوییدها و فنولیک اسیدها (Martınez *et al.,* 2010)، تانن و پلی‌فنول‌ها (Li *et al.,* 2006) نیز هست.

ترکیب اسیدهای چرب و محتوای اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع، یکی از مهم‌ترین خصوصیات کیفی دانه‌های روغنی است (Dauqan *et al.,* 2011). در میان روغن‌های گیاهی، روغن گردو از مواردی است که مقدار زیادی اسیدهای چرب غیراشباع با چند باند مضاعف دارد (تا ۷۸ درصد از کل اسیدچرب). اسید لینولئیک (C18:2، ۶۳-۴۹ درصد)، اسید اولئیک (C18:1، ۲۶/۱- ۱۳/۸ درصد)، اسید لینولنیک (C18:3، ۱۵/۵-۸ درصد)، اسید استئاریک (C18:0، ۲/۵- ۱/۴ درصد)، اسید پالمیتیک (C16:0، ۸/۷-۶/۷ درصد) و میریستیک اسید (C14:0، ۰/۴۵ درصد) از مهم‌ترین اسیدهای چرب گردو هستند (Moigradean *et al.,* 2013). مقادیر منحصربه‌فرد و متعادل امگا-۶ (لینولئیک اسید)

و امگا-۳ (لینولنیک اسید) سبب شده تا گردو برای رژیم غذایی ضروری باشد (Davis *et al.,* 2007). بر اساس مطالعات انجام شده در بخش کشاورزی ایالات‌متحده آمریکا (Anonymous, 2007)، نسبت اسیدهای چرب غیراشباع با چند باند مضاعف به اسیدهای چرب اشباع (PUFA/SFA) در گردو، ۷/۷ است، لذا روغن گردو بسیار سریع فاسد می‌شود. بر اساس راهنمای رژیم غذایی برای تغذیه سالم، نسبت اسیدهای چرب غیراشباع با چند باندمضاعف به اسیدهای چرب اشباع (PUFA/SFA) بیشتر از ۱/۵، رابطه بسیار مثبت و بالایی با سلامتی دارد (Bouabdallah *et al.,* 2014). نسبت‌های بالای اسیدهای چرب غیراشباع با یک باند مضاعف، سبب دوام بیشتر روغن در مقابل اکسیداسیون و امکان نگهداری بیشتر آن می‌شود، اما اسیدهای چرب غیراشباع با چند باند مضاعف، در مقابل اکسیداسیون حساس‌تر بوده، اما ازنظر تغذیه‌ای و سلامت انسان، از اهمیت بیشتری برخوردار هستند (Venkatachalam and Sathe, 2006).

نوع ژنوتیپ فاکتور بسیار مهمی در تعیین میزان روغن مغز گردو است. به‌عبارت‌دیگر، ژنوتیپ منبع اصلی تنوع در ترکیب اسیدچرب روغن گردو است (Bouabdallah *et al.,* 2014). با این‌وجود شرایط محیطی تا حدودی بر میزان و ترکیب اسیدهای چرب تأثیرگذار هستند. مطالعات انجام شده روی ترکیبات شیمیایی شش رقم گردو (*Juglans regia* L.) در کشور پرتغال نشان داد که مغز ارقام موردمطالعه دارای ۷۸/۸۳ تا ۸۲/۱۴ درصد روغن بودند و اسید چرب عمده، اسید لینولئیک (۶۰/۳۰ درصد) و پس از آن، اسیدهای اولئیک لینولنیک و پالمیتیک بودند (Pereira *et al.,* 2008). در مطالعه‌ای در کشور صربستان، ترکیب اسید چرب، توکوفرول و پایداری اکسیداتیو پنج رقم گردوی ایرانی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که اسیدهای چرب ارقام موردمطالعه شامل اسیدهای لینولئیک (۵۷/۲-۶۵/۱ درصد)، اولئیک (۱۵/۹-۲۳/۷ درصد)، لینولنیک (۹/۱-۱۳/۶ درصد)، پالمیتیک (۶/۳-۷/۷ درصد)، استئاریک (۱/۶-۲/۲ درصد) و پالمیتولئیک (۰/۱-۰/۴ درصد) و میزان توکوفرول ارقام موردمطالعه بین ۲۸/۴۰-۴۲/۴۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم روغن استخراج شده بود (Rabrenovic *et al.,* 2011).

پروتئین‌های موجود در روغن گردو، به عنوان یک منبع پروتئین گیاهی، در رژیم غذای انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان پروتئین کل مغز گردو بسته به رقم و ژنوتیپ بین ۱۳/۵-۲۰/۲ درصد متغیر است که گلوتلین، آلبومین، گلوبولین و پرولامین به ترتیب ۷۲/۰۶، ۱۵/۶۷، ۷/۵۴ و ۴/۷۳ درصد از ترکیبات این پروتئین را تشکیل می‌دهد (Mao and Hua, 2012). در مطالعه انجام شده روی برخی ارقام تجاری گردو در جهان و ایران

گزارش شده که مغز ارقام موردمطالعه حاوی ۲۰/۳۸- ۱۴/۶۷ درصد پروتئین کل است (Golzari *et al.*, 2013).

شهرستان اقلید یکی از مراکز اصلی کشت و کار و تنوع گردو در استان فارس و ایران به‌شمار می‌رود و ژنوتیپ‌های با ارزشی ازنظر صفات مهم به‌نژادی و کیفیت گردو در باغ‌های سنتی این شهرستان وجود دارد. شناسایی ژنوتیپ‌های برتر گردو در این باغ‌های سنتی و ارزیابی ارزش غذایی آن‌ها نه‌تنها در راستای دستیابی به ارقام تجاری گردو کمک می‌کند، بلکه ضرورت مصرف گردو را نیز آشکار می‌سازد، لذا هدف از این پژوهش بررسی بیشتر خصوصیات بیوشیمیایی و ارزش تغذیه‌ای برخی ژنوتیپ‌های برتر گردو (*Juglans regia* L.) در شهرستان اقلید استان فارس به‌عنوان یکی از مراکز اصلی پراکنش و کشت و کار گردو در جنوب غربی ایران بود..

## مواد و روش‌ها

### مواد گیاهی

در قالب طرح ارزیابی ژنوتیپ‌های برتر گردو در استان فارس (Sarikhani Khorami *et al.*, 2012)، یازده ژنوتیپ برتر و امیدبخش گردو در شهرستان اقلید استان فارس انتخاب شد. این ژنوتیپ‌ها که از بین ۱۱۰ ژنوتیپ گردو در بخش مرکزی این شهرستان انتخاب شده بودند، ازنظر صفات مهم به‌نژادی از قبیل دیربرگدهی، باردهی جانبی، درصد مغز، وزن مغز و میوه، زودباردهی، ضخامت پوست سخت و رنگ مغز نسبت به سایر ژنوتیپ‌های موردمطالعه برتر بودند. پس از ارزیابی صفات مورفولوژیک این ژنوتیپ‌ها در سال باغی ۱۳۹۰-۱۳۸۹، نه ژنوتیپ به‌عنوان ژنوتیپ برتر انتخاب شد. نه ژنوتیپ انتخابی در عمده صفات (به‌استثنای عادت باردهی جانبی) نسبت به رقم تجاری و استاندارد چندلر برتر بودند. براساس نتایج گزارش شده توسط دانشگاه دیویس کالیفرنیا، چندلر رقمی با عملکرد بالا، عادت باردهی جانبی، وزن میوه ۱۳/۲ گرم، وزن مغز ۶/۵ گرم، درصد مغز ۴۹ درصد و رنگ مغز بسیار روشن است که به‌راحتی از پوست سخت جدا می‌شود.

### ارزیابی مورفولوژیک

در این پژوهش، نه ژنوتیپ انتخابی اشاره شده در بالا برای سه سال در سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۱ از نظر صفات مورفولوژیکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. در در این سه سال تمام صفات فنولوژیک (تاریخ برگدهی، تاریخ آزاد شدن و پذیرش دانه گرده، تاریخ برداشت و ناهمرسی) و پومولوژیک (وزن میوه و مغز، درصد مغز، درصد باردهی جانبی، شاخص شکل و اندازه میوه، ضخامت پوست سخت و رنگ مغز) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای ارزیابی صفات مذکور از دو توصیف‌نامه IPGRI و UPOV همانند ارزیابی‌های قبلی (Sarikhani Khorami *et al.*, 2012) استفاده

شد.

**ارزیابی بیوشیمیایی**

ارزیابی‌های بیوشیمیایی شامل اندازه‌گیری درصد روغن، پروفیل اسید چرب، پروتئین کل و میزان فنل کل موجود در مغز ژنوتیپ‌های برتر گردو بود. اندازه‌گیری درصد روغن و ترکیب اسیدهای چرب برای دو سال متوالی (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) و ارزیابی پروتئین و مقدار فنل کل برای یک سال (۱۳۹۴) انجام شد. این ارزیابی‌ها در سال اول در آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه تربیت مدرس و در سال دوم در آزمایشگاه گروه فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه واخنینگن هلند انجام شد. بدین منظور، مغز میوه‌های خشک شده با استفاده از آسیاب برقی به‌طور کامل پودر و مقدار ۲۰ گرم از آن برای تعیین میزان روغن، پروتئین، فنل کل و پروفیل اسید چرب استفاده شد. در این بخش برای هر ژنوتیپ سه تکرار در نظر گرفته شد.

**اندازه‌گیری درصد روغن**

روغن نمونه‌های تهیه شده با استفاده از دستگاه سوکسله و ۵۰۰ میلی‌لیتر حلال هگزان به‌مدت پنج ساعت استخراج شد. حلال موجود در نمونه استخراج شده با استفاده از دستگاه روتاری در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد جدا شد. به‌منظور اطمینان از حذف کامل حلال، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در شرایط آون خلاء و دمای ۲±۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. درصد روغن هر نمونه از نسبت وزن روغن استخراج شده پس از جداسازی کامل حلال به وزن اولیه به‌دست آمد. روغن استخراج شده تا زمان تعیین پروفیل اسیدچرب در دمای ۷-۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

**تعیین پروفیل اسید چرب**

برای تعیین ترکیب اسیدهای چرب نمونه‌های موردمطالعه از روش متکالف و همکاران (Metcalf *et al.*, 1966) استفاده شد. بدین منظور ابتدا ۵ میلی‌لیتر سود متانلی ۲ درصد به ۰/۱ گرم نمونه روغن اضافه شد. در ادامه یک میلی‌لیتر محلول استاندارد داخلی (پنتادکانوئیک (C15) با غلظت ۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) به نمونه اضافه و به مدت ده دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد. پس از خنک شدن نمونه‌ها، به هر لوله آزمایش ۲/۱۷۵ میلی‌لیتر محلول بور تری فلورید ($BF_3$) متانل ($BF_3$) اضافه و نمونه‌ها مجدد به مدت سه دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شدند. پس از بیرون آوردن از حمام آب گرم و خنک شدن نمونه‌ها، به هر نمونه یک میلی‌لیتر حلال هگزان اضافه و نمونه‌ها به‌خوبی تکان داده شدند. در ادامه، به هر نمونه یک میلی‌لیتر محلول نمک سدیم اشباع (NaCl) اضافه و در دستگاه شیکر قرار داده شدند. با تشکیل دو فاز در نمونه‌ها، ۰/۲ میکرولیتر از فاز رویی به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق شد. در این آزمایش از دستگاه کروماتوگرافی گازی (Unicam 4600) با آشکارگر

یونیزاسیون شعله‌ای (FID) و ستون BPX70 (به قطر ۰/۲۵ میلی‌متر و قطر داخلی ۰/۲۲ میکرومتر و طول ۳۰ متر) و گاز حامل هلیوم استفاده شد.

**اندازه‌گیری درصد پروتئین کل**

برای اندازه‌گیری پروتئین کل از دستگاه کجلدال و روش هضم استفاده شد (Anonymous, 1995). در این روش مقدار نیتروژن کل محاسبه و با استفاده از ضریب تبدیل ۵/۳۰ به درصد پروتئین کل تبدیل می‌شود.

**اندازه‌گیری فنل کل**

برای اندازه‌گیری فنل کل (TPC)، ابتدا عصاره پنج گرم از مغز خشک با استفاده از حلال متانول:آب (با نسبت حجمی 6:4V/V) در دمای اتاق و شرایط تاریک استخراج شد. پس از استخراج و تصفیه عصاره با استفاده از کاغذ واتمن، حلال موجود در عصاره با استفاده از دستگاه روتاری و در دمای کمتر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد حذف شد. مقدار ترکیب فنلی کل با استفاده از روش رنگ‌سنجی Folin-Ciocaltue و براساس مقدار اسیدگالیک و برحسب میلی‌گرم اسیدگالیک اکی‌والان بر گرم وزن خشک عصاره استخراج شده ($mg\ GAE.g^{-1}$ DW Extract) اندازه‌گیری شد (Labuckas *et al.,* 2008). برای این کار، ۱۰۰ میکرولیتر از نمونه استخراج شده به ۵۰۰ میکرولیتر از محلول Folin-Ciocaltue و ۲/۵ میلی‌لیتر از کربنات سدیم اضافه شد. حجم محلول حاصل با استفاده از آب مقطر به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شده و به مدت یک ساعت در دمای اتاق نگهداری شد. پس از آن میزان جذب نوری محلول حاصل به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۲۵ نانومتر قرائت شد. مقدار اسید گالیک براساس منحنی استاندارد به‌دست آمد. محلول‌های استاندارد با غلظت‌های ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰، ۶۲/۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ پی‌پی‌ام از اسیدگالیک در محلول ۶۰ درصد متانول تهیه شدند.

**تجزیه و تحلیل داده‌ها**

تجزیه و نگهداری داده‌های حاصل از ارزیابی مورفولوژیک با استفاده از نرم‌افزار (SPSS (Ver. 22 انجام شد. در خصوص داده‌های کمی و داده‌های بیوشیمیایی، ضمن انجام آزمون نرمال بودن داده، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار (SPSS (Ver. 22 و مقایسه میانگین داده‌های با استفاده از همین نرم‌افزار و آزمون LSD انجام شد. برای این بخش، داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) با سه تکرار تجزیه و با هم مقایسه شدند.

## نتایج و بحث

**ارزیابی مورفولوژیک ژنوتیپ‌های برتر گردو**

ارزیابی فنولوژیک نه ژنوتیپ برتر گردو در شهرستان اقلید نشان داد که برخلاف سال

زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲، در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳ ظهور جوانه‌های برگ، گل‌ها و تاریخ برداشت، ۱/۸ روز زودتر از سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ بود. به‌طور کلی، ژنوتیپ‌های FaEqHm1 و FaEqNs5 به‌ترتیب با پنج روز و ۱۴ روز تأخیر نسبت به استاندارد مرجع (۲۰ اسفندماه) زود برگ‌ده و دیربرگ‌ده‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۱). از نظر تاریخ برداشت نیز دو ژنوتیپ FaEqHm1 و FaEqNs5 به‌ترتیب زودرس و دیررس‌ترین ژنوتیپ‌ها در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بودند که میوه آن‌ها به‌ترتیب در تاریخ ۱۴ و ۲۰ شهریور ماه برداشت شد (جدول ۲). بررسی طول دوره بین باز شدن جوانه‌ها تا تاریخ برداشت نشان داد که ژنوتیپ‌های FaEqNs9، FaEqAa1، FaEqDm1 و FaEqAg1 هموگام بودند. به‌عبارت‌دیگر، طول دوره آزاد شدن دانه گرده و پذیرش آن توسط کلاله گل ماده بیش از شش روز همپوشانی داشت. سایر ژنوتیپ‌های برتر مورد مطالعه از نظر پدیده دایکوگامی، نر پیش‌رس یا پروتاندروس بودند (جدول‌های ۱ و ۲).

بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر سال و ژنوتیپ بر صفات پومولوژیک ژنوتیپ‌های برتر گردو در شهرستان اقلید نشان داد که اثر سال و همچنین اثر متقابل سال × ژنوتیپ بر صفات وزن میوه و مغز، درصد مغز و ضخامت پوست سخت معنی‌داری نبود. این در حالی است که اثر سال و اثر متقابل سال × ژنوتیپ بر صفت عادت باردهی جانبی معنی‌دار بود ($P<0.01$). در مقابل، اثر ژنوتیپ بر تمام صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

براساس نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین صفات (جدول ۴) بیشترین میزان وزن میوه و مغز در ژنوتیپ FaEqFm1 و کمترین میزان وزن میوه و مغز به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های FaEqAh1 و FaEqNs5 مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه داشتند ($P<0.01$). ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شهرستان اقلید دارای درصد مغز بالاتر از ۴۸ درصد بودند که بیشترین و کمترین درصد مغز به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های FaEqHm1 و FaEqAg1 بود. به‌استثنای ژنوتیپ‌های FaEqAg1، FaEqNs5 و FaEqFm1، درصد مغز در سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بالای ۵۵ درصد بود (جدول ۴). براساس نتایج به‌دست آمده در ارتباط با ضخامت پوست سخت (میلی‌متر)، میزان این صفت در ژنوتیپ FaEqFm1 (۱/۹۵ میلی‌متر) حداکثر بود و پس از آن، ژنوتیپ FaEqHm2 دارای بیشترین میزان ضخامت پوست بود. نازک‌ترین پوست سخت نیز در ژنوتیپ FaEqAg1 (۰/۸۸ میلی‌متر) مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه داشت. درصد باردهی جانبی در سال سوم بیشترین و در سال اول ارزیابی کمترین بود که اختلاف معنی‌داری با یک‌دیگر نشان دادند. میزان باردهی جانبی در تمام ژنوتیپ‌های مورد

جدول ۱- تاریخ برگ‌دهی و آزاد شدن دانه گرده ژنوتیپ‌های برتر گردو در شهرستان اقلید در سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۱

Table 1. Budbreak and pollen shedding date of walnut superior genotypes in Eqlid region during 2013-2015

| ژنوتیپ<br>Genotype | تاریخ برگ‌دهی*<br>Budbreak date (DARS*) | | | دایکوگامی**<br>Dichogamy** | آزاد شدن اولین دانه گرده<br>First pollen shedding | | | آزاد شدن آخرین دانه گرده<br>Last pollen shedding | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2013 | 2014 | 2015 | | 2013 | 2014 | 2015 | 2013 | 2014 | 2015 |
| FaEqNs5 | 14 | 16 | 12 | PR | 27 | 28 | 23 | 41 | 43 | 35 |
| FaEqNs9 | 12 | 14 | 12 | H | 18 | 19 | 16 | 28 | 30 | 24 |
| FaEqFm1 | 9 | 11 | 8 | PR | 12 | 13 | 11 | 28 | 29 | 28 |
| FaEqAa1 | 8 | 8 | 6 | H | 12 | 12 | 10 | 27 | 29 | 26 |
| FaEqDm1 | 8 | 9 | 5 | H | 25 | 26 | 23 | 40 | 42 | 38 |
| FaEqHm1 | 6 | 6 | 4 | PR | 8 | 9 | 7 | 26 | 28 | 24 |
| FaEqHm2 | 11 | 11 | 8 | PR | 19 | 19 | 16 | 36 | 37 | 33 |
| FaEqAh1 | 5 | 8 | 4 | PR | 8 | 9 | 6 | 30 | 32 | 26 |
| FaEqAg1 | 12 | 12 | 10 | H | 18 | 20 | 15 | 39 | 40 | 33 |

* DARS: تعداد روز پس از استاندارد مرجع (برای تاریخ برگدهی ۲۰ اسفند و برای تاریخ برداشت ۲ شهریور)

* DARS: Days after reference standard (10 March for budbreak; 24 August for harvest date).

** PR و H به ترتیب ژنوتیپ‌های پروتاندروس و هموگام.

** PR: Protandrius; H: Homogam

جدول ۲- تاریخ برداشت و پذیرش دانه گرده توسط مادگی ژنوتیپ‌های برتر گردو در شهرستان اقلید در سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۱

Table 2. Pollen reception and harvest date of walnut superior genotypes in Eqlid region during 2013-2015

| ژنوتیپ Genotype | تاریخ برداشت* Harvest date (DARS*) | | | پذیرش اولین دانه گرده First pollen reception | | | پذیرش آخرین دانه گرده Last pollen reception | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2013 | 2014 | 2015 | 2013 | 2014 | 2015 |
| FaEqNs5 | 17 | 19 | 17 | 36 | 38 | 35 | 44 | 47 | 42 |
| FaEqNs9 | 15 | 18 | 17 | 22 | 24 | 21 | 31 | 33 | 29 |
| FaEqFm1 | 15 | 17 | 14 | 35 | 35 | 32 | 44 | 44 | 40 |
| FaEqAa1 | 14 | 16 | 12 | 19 | 21 | 20 | 29 | 30 | 27 |
| FaEqDm1 | 14 | 15 | 11 | 34 | 35 | 31 | 43 | 45 | 39 |
| FaEqHm1 | 11 | 14 | 10 | 28 | 30 | 28 | 37 | 40 | 37 |
| FaEqHm2 | 17 | 17 | 15 | 31 | 32 | 30 | 41 | 41 | 39 |
| FaEqAh1 | 14 | 17 | 13 | 26 | 27 | 25 | 36 | 38 | 34 |
| FaEqAg1 | 15 | 16 | 14 | 35 | 37 | 33 | 46 | 47 | 42 |

* DARS: تعداد روز پس از استاندارد مرجع (برای تاریخ برگدهی ۲۰ اسفند و برای تاریخ برداشت ۲ شهریور)

* DARS: Days after reference standard (10 March for budbreak; 24 August for harvest date).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات پومولوژیک ژنوتیپ‌های برتر گردو در شهرستان اقلید در سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۱

Table 3. Variance analysis of pomological traits of walnut superior genotypes in Eqlid region during 2013-2015

| منابع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی df. | وزن میوه Nut weight | وزن مغز Kernel weight | درصد مغز Kernel percentage | ضخامت پوست سخت Shell thickness | باردهی جانبی Lateral bearing |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Year | 2 | 0.001$^{ns}$ | 0.001$^{ns}$ | 0.001$^{ns}$ | 0.001$^{ns}$ | |
| Rep (Year) | 12 | 0.002$^{ns}$ | 0.001 | 0.031$^{ns}$ | 0.003$^{ns}$ | 3.133$^{ns}$ |
| Genotype | 8 | 88.535$^{**}$ | 11.702$^{**}$ | 271.139$^{**}$ | 1.938$^{**}$ | 511.482$^{**}$ |
| Genotype × Year | 16 | 0.000$^{ns}$ | 0.000$^{ns}$ | 0.001$^{ns}$ | 0.001$^{ns}$ | 3.056$^{**}$ |
| Error | 96 | 0.002 | 0.001 | 0.0017 | 0.003 | 2.361 |

** و ns : به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

** and ns: Significant at 1% level of probability and not significant, respectively.

جدول ۴- میانگین خصوصیات پومولوژیک (±SE) ژنوتیپ‌های برتر گردو در منطقه اقلید، در سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۱

Table 4. Pomological 172haracterization (±SE) of walnut superior genotypes in Eqlid region during 2013-2015

| ژنوتیپ Genotypes | باردهی جانبی Lateral bearing (%) | وزن میوه Nut weight (g) | وزن مغز Kernel weight (g) | درصد مغز Kernel percentage (%) | ضخامت پوست سخت Shell thickness (mm) | رنگ مغز* Kernel colour |
|---|---|---|---|---|---|---|
| FaEqNs5 | 75.00 ± 0.16 b | 14.46 ± 0.02 e | 7.16 ± 0.01 i | 49.50 ± 0.03 h | 1.03 ± 0.01 f | 2 |
| FaEqNs9 | 80.00 ± 0.21 a | 13.53 ± 0.00 g | 7.53 ± 0.00 h | 55.68 ± 0.03 e | 1.05 ± 0.01 f | 1 |
| FaEqFm1 | 75.00 ± 0.35 b | 19.75 ± 0.02 a | 9.90 ± 0.01 a | 50.11 ± 0.02 g | 1.95 ± 0.01 a | 2 |
| FaEqAa1 | 62.81 ± 0.29 e | 15.09 ± 0.02 d | 8.84 ± 0.01 c | 58.57 ± 0.02 b | 1.46 ± 0.02 c | 1 |
| FaEqDm1 | 65.00 ± 0.55 d | 14.20 ± 0.01 f | 7.87 ± 0.01 f | 55.46 ± 0.04 e | 1.21 ± 0.02 e | 1 |
| FaEqHm1 | 64.33 ± 0.71 d | 13.40 ± 0.01 h | 8.00 ± 0.01 e | 59.72 ± 0.06 a | 1.31 ± 0.01 d | 1 |
| FaEqHm2 | 75.00 ± 0.60 b | 16.00 ± 0.02 c | 8.40 ± 0.00 d | 52.50 ± 0.05 f | 1.76 ± 0.02 b | 2 |
| FaEqAh1 | 72.00 ± 0.24 c | 13.10 ± 0.00 i | 7.61 ± 0.00 g | 58.06 ± 0.02 c | 1.04 ± 0.02 f | 1 |
| FaEqAg1 | 72.50 ± 0.27 c | 18.97 ± 0.02 b | 9.16 ± 0.01 b | 48.31± 0.02 i | 0.88 ± 0.01 g | 1 |

* ۱ و ۲: به ترتیب بیانگر رنگ مغز خیلی روشن و روشن هستند.

* 1 and 2: Indicate light and extra light color of kernel.

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means with similar letters in each column are not significantly different.

مطالعه بیشتر از ۶۰ درصد بود. بر همین اساس، در بین ژنوتیپ‌ها بیشترین درصد عادت باردهی جانبی مربوط به ژنوتیپ FaEqNs9 (۸۰ درصد) بود. پس از آن، ژنوتیپ‌های FaEqFm1، FaEqNs5 و FaEqHm2 بیشترین درصد باردهی جانبی را دارا بودند. کمترین میزان عادت باردهی جانبی نیز مربوط به ژنوتیپ FaEqAa1 در سال ۱۳۹۲ (۶۲/۶۷ درصد) بود (جدول ۴).

**ارزیابی بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های برتر گردو**

تجزیه واریانس صفات درصد روغن و ترکیب اسیدهای چرب ژنوتیپ‌های برتر گردو در شهرستان اقلید در دو سال متوالی (۱۳۹۴-۱۳۹۳) نشان داد که اثر سال و سال × ژنوتیپ بر درصد روغن و ترکیب اسیدهای چرب معنی‌دار نبود؛ این در حالی است که اثر ژنوتیپ به‌تنهایی بر این صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). براساس نتایج به‌دست آمده، از مقایسه میانگین صفات (جدول ۶)، بیشترین درصد روغن در ژنوتیپ‌های FaEqFm1 و FaEqDm1 و کمترین میزان آن در ژنوتیپ FaEqNs9 اندازه‌گیری شد ولی بین دو ژنوتیپ FaEqHm1 و FaEqHm2 اختلاف معنی‌داری از نظر درصد روغن وجود نداشت. درصد اسید پالمیتیک در ژنوتیپ FaEqHm2 حداکثر و در ژنوتیپ FaEqNs9 حداقل بود. در حالی که درصد اسید استئاریک در ژنوتیپ FaEqDm1 دارای بیشتر از بقیه ژنوتیپ‌ها بود. بیشترین درصد اسید اولئیک مربوط به ژنوتیپ FaEqHm1 بود که اختلاف معنی‌داری با ژنوتیپ FaEqAg1 نداشت. اسید لینولئیک یا امگا-۶ یک اسید چرب غیراشباع با چند باند مضاعف (PUFA) است که نقش به سزایی در کنترل بیماری‌های قلبی دارد. بیشترین و کمترین مقدار این اسید چرب به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های FaEqNs5 و FaEqAg1 اندازه‌گیری شد. ژنوتیپ‌های FaEqDm1، FaEqHm1 و FaEqHm2 اختلاف معنی‌داری از نظر درصد اسید لینولئیک مشاهده نشد. به‌طور کلی و براساس نتایج به‌دست آمده، اسیدهای چرب غالب ژنوتیپ‌های موردمطالعه اسیدهای پالمیتیک (۷/۶۳-۵/۹۸ درصد)، استئاریک (۳/۴۳-۱/۷۳ درصد)، اولئیک (۳۰/۷۷-۱۹/۲۵ درصد)، لینولئیک (۵۹/۳۰-۴۷/۳۳ درصد) و لینولنیک (۱۷/۰۲-۹/۸۸ درصد) بودند. مقادیر بسیار کمی از اسید آراشیدونیک در ژنوتیپ‌های FaEqAa1، FaEqHm1 و FaEqAg1و اسیداروسیک در ژنوتیپ‌های FaEqNs5، FaEqFm1، FaEqDm1 و FaEqHm1 اندازه‌گیری شد. در بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه، بیشترین درصد اسیدهای چرب پالمیتیک، استئاریک، اولئیک، لینولئیک و لینولنیک به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های FaEqHm2، FaEqDm1، FaEqHm1، FaEqNs5 و FaEqAh1 بود. در مجموع،

جدول ۵- تجزیه واریانس درصد روغن و ترکیب اسیدهای چرب (درصد) ژنوتیپ‌های برتر گردو در شهرستان اقلید در سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۳

Table 5. Variance analysis of oil percentage and fatty acids composition (%) of walnut superior genotypes in Eqlid region during 2014-2015

| منابع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی df. | درصد روغن Oil percentage | اسید پالمیتیک Palmitic acid | اسید استئاریک Stearic acid | اسید اولئیک Oleic acid | اسید لینولئیک Linoleic acid | اسید لینولنیک Linolenic acid | اسید اروسیک Erucic acid | آراشیدونیک اسید Arachidonic acid |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Year | 2 | 0.32$^{ns}$ | 0.03$^{ns}$ | 0.007$^{ns}$ | 0.05$^{ns}$ | 0.39$^{ns}$ | 0.03$^{ns}$ | 0.00$^{ns}$ | 0.00$^{ns}$ |
| Rep (Year) | 12 | 3.16 | 0.04 | 0.008 | 0.17 | 0.34 | 0.06 | 0.00 | 0.00 |
| Genotype | 8 | 183.62$^{**}$ | 2.11$^{**}$ | 2.042$^{**}$ | 121.45$^{**}$ | 96.87$^{**}$ | 28.79$^{**}$ | 0.04$^{**}$ | 0.03$^{**}$ |
| Genotype × Year | 16 | 0.50$^{ns}$ | 0.01$^{ns}$ | 0.004$^{ns}$ | 0.20$^{ns}$ | 0.25$^{ns}$ | 0.02$^{ns}$ | 0.00$^{ns}$ | 0.00$^{ns}$ |
| Error | 96 | 1.459 | 0.02 | 0.006 | 0.59 | 1.23 | 1.09 | 0.00 | 0.00 |

** و ns : به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

** and ns: Significant at 1% level of probability and not significant respectively.

جدول ۶- ترکیب اسیدهای چرب (درصد) و درصد روغن (±SE) ژنوتیپ‌های برتر گردو در شهرستان اقلید در سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۳

Table 6. Fatty acid composition (%) and oil percentage (±SE) of walnut superior genotypes in Eqlid region during 2014-2014

| Oil percentage and fatty acids | Genotypes | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | FaEqNs5 | FaEqNs9 | FaEqFm1 | FaEqAa1 | FaEqDm1 | FaEqHm1 | FaEqHm2 | FaEqAh1 | FaEqAg1 |
| Oil percentage | 60.80±0.53 e | 54.83±0.86 g | 69.68±0.53 a | 63.10±0.31 d | 70.72±0.5 a | 67.84±0.27 b | 67.96±0.37 b | 57.86±0.27 f | 66.28±0.45 c |
| Palmitic acid | 6.81±0.09 d | 5.97±0.04 g | 6.16 ±0.05 f | 7.10±0.05 c | 7.31±0.05 b | 6.00±0.06 g | 7.63±0.04 a | 6.79±0.05 d | 6.43±0.02 e |
| Stearic acid | 2.56±0.05 d | 1.95±0.03 f | 3.10 ±0.03 b | 2.55±0.02 d | 3.43±0.04 a | 1.93±0.03 f | 2.94±0.04 c | 2.25±0.02 e | 1.73±0.02 g |
| Oleic acid | 19.25±0.12 f | 25.29±0.26 d | 19.63±0.09 f | 26.58±0.34 c | 29.43±0.22 b | 30.77±0.34 a | 25.63±0.35 d | 20.91±0.26 e | 30.31±0.36 ab |
| Linoleic acid | 59.30±0.25 a | 53.66±0.41 c | 57.83±0.29 b | 53.35±0.47c | 49.81±0.2 d | 49.3±0.55 d | 49.65±0.54 d | 53.03±0.38 c | 47.33±0.35 e |
| Linolenic acid | 11.97±0.32 cd | 13.12±0.36 ab | 13.14±0.28 ab | 10.28±0.35 e | 9.88±0.12 e | 11.65±0.36 d | 14.14±0.54 b | 17.02±0.51 a | 14.08±0.22 b |
| Erucic acid | 0.11±0.00 d | 0.00±0.00 e | 0.14±0.00 b | 0.00±0.00 e | 0.13±0.00 c | 0.21±0.01 a | 0.00±0.00 e | 0.00±0.00 e | 0.00±0.00 e |
| Arachidonic acid | 0.00±0.00 c | 0.00±0.00 c | 0.00±0.00 c | 0.14±0.00 a | 0.00±0.00 c | 0.13±0.00 ab | 0.00±0.00 c | 0.00±0.00 c | 0.13±0.01 b |
| SFA | 9.38±0.12 c | 7.93±0.05 f | 9.26±0.07 c | 9.66±0.07 b | 10.75±0.06 a | 7.94±0.08 f | 10.57±0.03 a | 9.04±0.07 d | 8.15±0.04 e |
| MUFA | 19.36±0.12 f | 25.29±0.26 d | 19.77±0.10 f | 26.57±0.34 c | 29.56±0.22 b | 30.98±0.35 a | 25.63±0.35 d | 20.91±0.26 e | 30.31±0.36 ab |
| PUFA | 71.26±0.18 a | 66.78±0.25 c | 70.97±0.14 ab | 63.77±0.34 d | 59.69±0.27 f | 61.08±0.41 e | 63.8±0.35 d | 70.06±0.23 b | 61.54±0.34 e |
| PUFA/SFA | 7.60±0.11 b | 8.42±0.06 a | 7.67±0.07 b | 6.61±0.06 c | 5.55±0.05 e | 7.7±0.13 b | 6.03±0.03 d | 7.75±0.06 b | 7.55±0.03 b |

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون و هر ردیف فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means with similar letters in each column and each row are not significantly different.

SFA: Saturated fatty acids — اسیدهای چرب اشباع

MUFA: Monousaturated fatty acids — اسیدهای چرب غیراشباع با چند باند

PUFA: Polyunsaturated fatty acids — اسیدهای چرب غیراشباع با چند باند مضاعف

اسیدهای چرب غیراشباع (۹۲/۰۵-۸۹/۲۸ درصد) بخش بزرگی از ترکیب روغن را در ژنوتیپ‌های گردویی مورد مطالعه تشکیل دادند که در این بین درصد اسیدهای چرب غیراشباع با چند باند مضاعف (PUFA) به‌طور معنی‌داری بیشتر از اسیدهای چرب غیراشباع با یک باند مضاعف (MUFA) بود. دامنه تغییرات اسیدهای چرب غیراشباع با یک باند مضاعف و اسیدهای چرب غیراشباع با چند باند مضاعف به ترتیب ۳۰/۹۸-۱۹/۳۶ و ۷۱/۲۶-۵۹/۶۹ درصد بود. بررسی نتایج به دست آمده از این آزمایش نشان داد که بیشترین میزان اسیدهای چرب غیراشباع با یک و چند باند مضاعف به ترتیب در ژنوتیپ‌های FaEqHm1 و FaEqNs5 وجود داشت. ژنوتیپ FaEqDm1 نیز بیشترین درصد اسیدچرب اشباع و کمترین درصد اسیدچرب غیراشباع را داشت (جدول ۶).

بررسی پروفیل اسیدهای چرب موجود در روغن ژنوتیپ‌های گردو موردمطالعه در این آزمایش نشان داد که علاوه بر اسیدهای پالمیتیک، استئاریک، اولئیک، لینولئیک و لینولنیک به‌عنوان اجزای اصلی تشکیل‌دهنده روغن گردو، مقادیر بسیار پائینی از اسیدهای چرب آراشیدونیک و اروسیک نیز وجود داشت. اسید لینولئیک و پس از آن اسید اولئیک، اسیدهای چرب غالب موجود در روغن ژنوتیپ‌های برتر گردو در شهرستان اقلید بودند. به‌عبارت‌دیگر، بالغ بر ۹۰/۷۸ درصد از اسیدهای چرب موجود در ژنوتیپ‌های موردمطالعه را اسیدهای چرب غیراشباع تشکیل می‌دادند که ۲۵/۴۱ درصد آن مربوط به اسیدهای چرب با یک باند مضاعف (اسید اولئیک و اسید اروسیک) و ۶۵/۳۸ درصد مربوط به اسیدهای چرب با چند باند مضاعف (اسید لینولئیک، اسید لینولنیک و اسید آراشیدونیک) بود (شکل ۱).

میزان فنل و پروتئین کل موجود در مغز ژنوتیپ‌های برتر مورد مطالعه برای یک سال مورد ارززیابی قرار گرفت. نتایج نشان اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر میزان فنل و پروتئین کل در سطح احتمال یک درصد را نشان داد (جدول ۷). درصد پروتئین و میزان فنل کل موجود در مغز ژنوتیپ‌های برتر گردو به ترتیب ۱۹/۱۳-۱۲/۵۸ درصد و ۵۶/۶۳-۴۳/۲۶ میلی‌گرم اسیدگالیک اکی‌والان بر گرم وزن خشک عصاره استخراج شده بود، به‌طوری‌که بیشترین میزان روغن و فنل کل در ژنوتیپ FaEqDm1 مشاهده گردید. همچنین ژنوتیپ FaEqNs9 دارای کمترین درصد روغن و فنل کل بود (شکل ۲).

شناسایی و ارزیابی ژنوتیپ‌های برتر در کشور می‌تواند به عنوان اولین قدم در برنامه‌های به‌نژادی گردو، نقش به سزایی در بهبود صنعت گردوکاری در سال‌های آینده داشته باشد (Arzani *et al.,* 2008). ژرم‌پلاسم بسیار غنی از درختان میوه و به‌ویژه گردو در باغ‌های سنتی گردو کشور وجود دارد که به عنوان یک منبع ژنتیکی برای برنامه‌های به‌نژادی بعدی تلقی

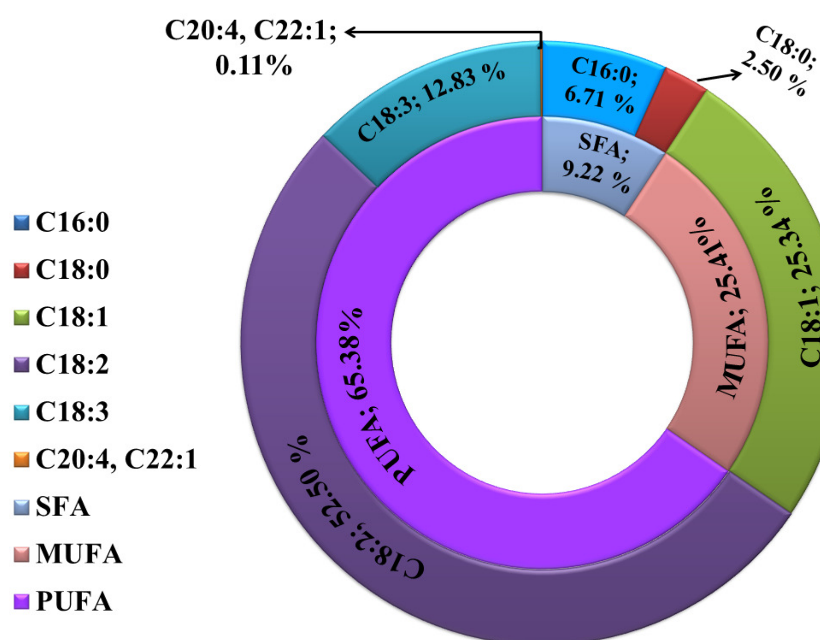
جدول ۷- تجزیه واریانس مقادیر فنل و پروتئین کل موجود در مغز ژنوتیپ‌های برتر گردو در شهرستان اقلید در سال ۱۳۹۴

Table 7. Variance analysis of total phenol and protein contents of walnut superior genotypes in Eqlid region in 2015

| منابع تغییرات<br>S.O.V. | درجه آزادی<br>df. | فنل کل<br>Total phenol | پروتئین<br>Protein |
|---|---|---|---|
| Genotype | 8 | 0.0132** | 48.37** |
| Error | 96 | 0.0001 | 4.50 |

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

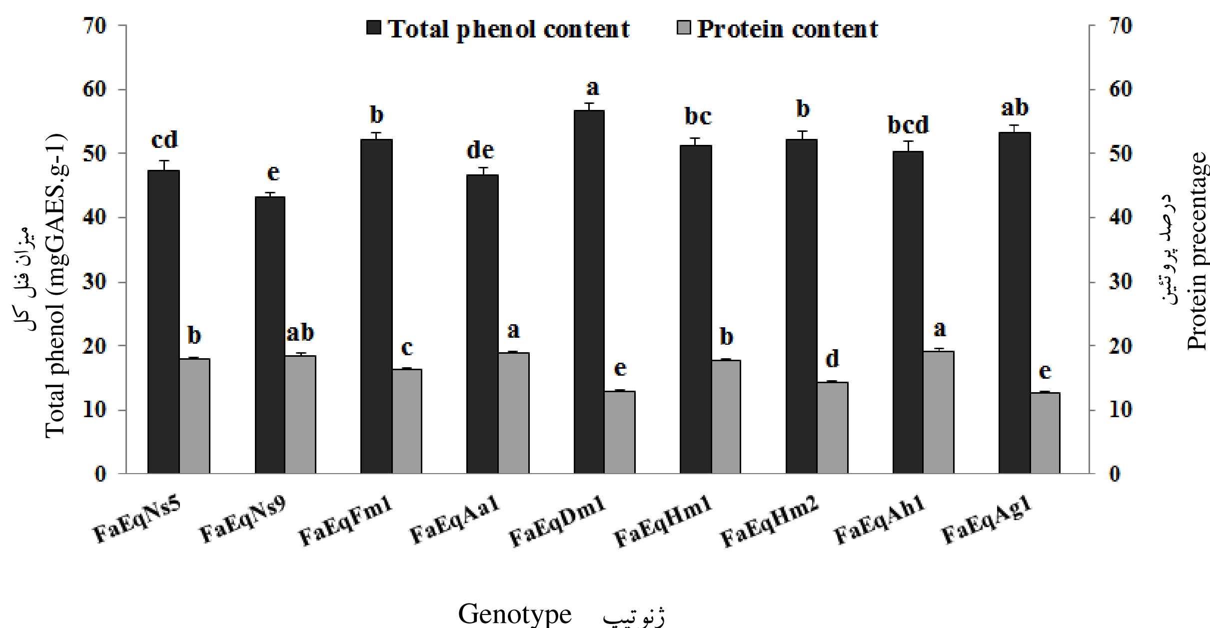
**: Significant at 1% level of probability.




شکل ۱- پروفیل اسیدهای چرب موجود در روغن ژنوتیپ‌های برتر گردو در شهرستان اقلید در سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۴

Fig. 1. Fatty acids profile in oil of walnut superior genotypes in in Eqlid region during 2014-2015

می‌شوند و لازم است تا درختان موجود در این باغ‌ها از جنبه‌های مختلف مورفولوژیک، پومولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی مورد ارزیابی قرار گیرند (Arzani, 2003). در همین راستا و طی ارزیابی جمعیت گردو موجود در بخش مرکزی شهرستان اقلید فارس، یازده ژنوتیپ برتر گردو در این منطقه شناسائی شد (Sarikhani Khorami *et al*., 2013). ارزیابی پومولوژیک و فنولوژیک مجدد این ژنوتیپ‌ها نشان داد که از نظر بسیاری از صفات مهم




شکل ۲- مقادیر فنل کل و پروتئین موجود در مغز ژنوتیپ‌های برتر گردو در شهرستان اقلید در سال ۱۳۹۴

Fig. 2. Total phenol and protein contents of walnut superior genotypes in Eqlid region in 2015

ستون‌ها با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Bars with similar letters are not significantly different

به‌نژادی گردو از قبیل وزن میوه و مغز، درصد مغز، عادت باردهی جانبی، زودباردهی، ضخامت پوست سخت و رنگ مغز این ژنوتیپ‌ها از بسیاری از ارقام تجاری و ژنوتیپ‌های معرفی شده توسط سایر محققین برتر هستند (Cosmulescu and Botu, 2012؛ Aslantas, 2006؛ Zenli *et al*., 2005). عادت باردهی جانبی یک صفت به‌نژادی بسیار مهم برای گردو است که نقش زیادی در تعیین میزان عملکرد بازی می‌کند (Amiri *et al*., 2010). این صفت دارای توارث پذیری متوسط بوده، و سیستم تربیت و هرس درختان و مدیریت تغذیه باغ می‌تواند تاثیر معنی‌داری بر این صفت داشته باشد. نتایج به دست آمده از تحقیق اخیر نیز نشان داد که برخلاف سایر صفات مورد مطالعه، عادت باردهی جانبی تحت تاثیر سال قرار گرفت. احتمالاً علت این امر بهبود مدیریت باغ در نتیجه توصیه‌های کودی و مدیریتی در طول سال‌های انجام پروژه است. هر چند درختان گردوی ایرانی تمایل بیشتری به عادت باردهی انتهایی دارند، اما شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عادت باردهی جانبی متوسط تا بالا در جمعیت گردوی ایرانی می‌تواند بیانگر این مهم باشد که امکان بهبود عادت باردهی جانبی در این درختان از

طریق بهبود سیستم مدیریت باغ و برنامه‌های به‌نژادی وجود دارد، چراکه عمده درختان موجود در باغ‌های سنتی کشور در بدترین شرایط از نظر سیستم تربیت، هرس و مدیریت تغذیه قرار دارند.

درصد روغن و ترکیب اسیدهای چرب در این تحقیق برای دو سال مورد ارزیابی قرار گرفت و بررسی نتایج به‌دست آمده نشان داد که درصد روغن و ترکیب اسیدهای چرب تحت تأثیر سال قرار ندارند و اختلاف معنی‌داری بین این ویژگی‌ها در دو سال آزمایش مشاهده نشد. البته این دو سال از نظر شرایط دمایی و به‌طورکلی شرایط آب و هوایی اختلاف زیادی با یک‌دیگر نداشتند. مارتینز و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که هر چند شرایط اقلیمی متفاوت بر ترکیب اسیدهای چرب گردو اثرگذار است، اما درصد روغن در مغز گردو با ژنوتیپ تعیین می‌شود و به عبارت دیگر، ژنوتیپ منبع اصلی تنوع در ترکیب اسیدچرب روغن گردو است. نتایج به دست آمده در این تحقیق نیز نشان داد که ژنوتیپ منبع اصلی تغییرات خصوصیات بیوشیمیایی بین ژنوتیپ‌های برتر مورد مطالعه در شهرستان اقلید بود.

در این تحقیق درصد پروتئین موجود در مغز ژنوتیپ‌های برتر گردو بین ۱۲/۵۸ تا ۱۹/۱۳ درصد متغیر بود که این نتایج با نتایج سایر محققین مطابقت داشت (Golzari *et al.*, 2013؛ Pereira *et al.*, 2008). قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al.*, 2010) گزارش کردند که مغز ژنوتیپ‌های برتر گردو در استان مرکزی دارای ۷۳-۵۱ درصد روغن است. در این آزمایش نیز مغز ژنوتیپ‌های برتر گردو در منطقه اقلید استان فارس دارای ۷۰/۷۲-۵۴/۸۳ درصد روغن بود. اسید لینولئیک و پس از آن اسید اولئیک، اسیدهای چرب غالب موجود در روغن ژنوتیپ‌های برتر مورد مطالعه بود که این نتایج نیز با گزارش‌های سایر محققین مطابقت داشت (Aryapak and Ziarati, 2014؛ Rabrenovic *et al.*, 2011؛ Özcan, 2009). کالاریرمک (Caglarirmak, 2003) در مطالعه خود روی پنج ژنوتیپ برتر گردو در کشور ترکیه گزارش کرد که ژنوتیپ‌های برتر مورد مطالعه دارای ۴۹/۰۰-۴۲/۱۱ درصد اسید لینولئیک بودند. پریرا و همکاران (۲۰۰۸) درصد این اسیدچرب را در ارقام تجاری کشت شده گردو در کشور پرتغال ۶۰/۳۰-۵۵/۵۱ درصد گزارش کردند. آن‌ها گزارش کردند اسیدهای چرب غیراشباع به‌ویژه اسیدهای چرب غیراشباع با چند باند مضاعف (PUFA) اسیدچرب غالب در روغن گردو هستند. نتایج مشابهی توسط مویگاردین و همکاران (Moigradean *et al.*, 2013) گزارش شده است. در تحقیق اخیر نیز اسیدهای چرب غیراشباع (۹۲/۰۵-۸۹/۲۸ درصد) بخش بزرگی از ترکیب روغن ژنوتیپ‌های برتر گردو در

منطقه اقلید را تشکیل داده بودند و درصد اسیدهای چرب غیراشباع با چند باند مضاعف (PUFA) بین ۵۹/۹۵ تا ۷۱/۱۰ درصد متغیر بود. ژنوتیپ‌های FaEqNs9، FaEqHm1 و FaEqAg1 دارای بیشترین میزان اسیدهای چرب غیراشباع و کمترین میزان اسیدهای چرب اشباع بودند، با این وجود نسبت اسیدهای چرب غیراشباع با چند باند مضاعف به اسیدهای چرب اشباع (PUFA/SFA) در تمام ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بیشتر از ۵/۵۰ بود. گزارش شده است هرچند مقادیر بالای نسبت اسیدهای چرب غیراشباع با چندباند مضاعف به اشباع سبب فسادپذیری روغن گردو می‌شود ولی این نسبت بالا رابطه مستقیم و معنی‌داری با خواص داروئی گردو و سلامت انسان دارد (Bouabdallah *et al*., 2014).

وجود مقادیر بالای اسیدهای چرب غیراشباع سبب شده تا گردو به‌عنوان یک گونه استراتژیک در تغذیه انسان معرفی و در لیست محصولات برتر از نظر ارزش غذایی قرار گیرد (Gandev, 2007). هرچند مقادیر بالای اسیدهای چرب غیراشباع سبب کاهش عمرانباری روغن گردو و افزایش احتمال اکسیداتیو آن می‌شود (Anonymous, 2007)، اما وجود این اسیدهای چرب غیراشباع به‌ویژه امگا-۶ (اسیدلینولئیک) و امگا-۳ (اسیدلینولنیک) نقش به سزایی در سلامت انسان و پیشگیری از بسیاری از بیماری‌های خطرناک از قبیل آلزایمر، حمله قلبی، گرفتگی عروق و افسردگی دارد (Bourre, 2004). به‌طور کلی و براساس نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مشخص شد که نه ژنوتیپ برتر معرفی شده در این پژوهش، ضمن برتر و امیدبخش بودن از نظر صفات مهم به‌نژادی گردو، دارای مقادیر بسیار بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع با یک باند مضاعف (MUFA) و چند باند مضاعف (PUFA) هستند و می‌توانند اهمیت بسیار بالایی از نظر تغذیه و سلامت انسان داشته باشند. مسلماً توجه به این ژنوتیپ‌ها و به‌کارگیری از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی آتی، امکان معرفی ارقام گردوی ایرانی با عملکرد، کمیت و کیفیت و همچنین ارزش غذایی بالا را فراهم خواهد کرد.

## سپاسگزاری

از مسئولین دانشگاه تربیت مدرس و دانشگاه واخنینگن هلند برای حمایت‌های مالی و از آقایان دکتر محمودرضا روزبان و دکتر مهدی عیاری نوش‌آبادی برای راهنمایی‌های علمی تشکر و قدردانی می‌شود.

## References

**Amiri, R., Vahdati, K., Mohsenipoor, S., Mozaffari, M. R., and Leslie, C. A. 2010.** Correlations between some horticultural traits in walnut. HortScience 45 (11), 1690-1694.

**Anonymous 2013.** FAO Statistical Yearbook. Agricultural Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). http://faostatfaoorg/site/567/defaultaspx.

**Anonymous 1995.** Official Methods of Analysis, Sixteenth ed. Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Arlington, VA.

**Anonymous 2007.** Agricultural Research Service. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 20. Nutrient Data Laboratory Home Page, USDA, Washigton D. C., USA.

**Aryapak, S., and Ziarati, P. 2014.** Nutritive value of Persian walnut (*Juglans regia* L.) orchards. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science 14 (11): 1228-1235.

**Arzani, K. 2003.** Approaches on importance, protection, maintenance, breeding and management of Iranian traditional orchards. Proceeding of the First Conference of The Iranian Traditional Orchards, Karaj, Iran. pp.1-5 (in Persian).

**Arzani, K., Mansouri-Ardakan, H., Vezvaei, A., and Roozban, M. R. 2008.** Morphological variation among Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from central Iran. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 36: 159-168.

**Aslantas, R. 2006.** Identification of superior walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in north-eastern Anatolia, Turkey. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 34: 231-237.

**Blomhoff, R., Carlsen, M. H., Andersen, L. F., and Jacobs Jr., D. R. 2006.** Health benefits of nuts: potential role of antioxidants. British Journal of Nutrition 96: S52-S60.

**Bouabdallah, I., Bouali, I., Martinez-Force, E., Albouchi, A., Perez Camino, M. C., and Boukhchina, S. 2014.** Composition of fatty acids, triacylglycerols and polar compounds of different walnut varieties (*Juglans regia* L.) from Tunisia. Natural Product Research 28 (21): 1826–1833.

**Bourre, J. M. 2004.** Roles of unsaturated fatty acids (especially omega-3 fatty acids) in the brain at various ages and during ageing. Journal of Nutrition Health and Aging 8: 163-174.

**Caglarırmak, N. 2003.** Biochemical and physical properties of some walnut genotypes (*Juglans regia* L.). Nahrung/Food 47 (1): 28- 32.

**Cosmulescu, S., and Botu, M. 2012.** Walnut biodiversity in south-western Romania resource for perspective cultivars. Pakistan Journal of Botany 44: 307-311.

**Dauqan, E. M. A, Sani, H. A., Abdullah, A., and Kasim, Z. M. 2011.** Fatty acids composition of four different vegetable oils (red palm olein, palm olein, corn oil and coconut oil) by gas chromatography. Proceedings of the 2nd International Conference on Chemistry and Chemical Engineering, IPCBEE 14: 31-34.

**Davis, L., Stonehouse, W., Loots, D. T., Mukuddem-Petersen, J., van der Westhuizen, F., Hanekom, S. J., and Jerling, J. C. 2007.** The effects of high walnut and cashew nut diets on the antioxidant status of subjects with metabolic syndrome. European Journal of Nutrition 46: 155–164.

**Dogan, M., and Akgulb, A. 2005.** Fatty acid composition of some walnut (*Juglans regia* L.) cultivars from east Anatolia. Grasasy Aceites 56 (4): 328-331.

**Gandev, S. 2007.** Budding and grafting of the walnut (*Juglans regia* L.) and their effectiveness in Bulgaria (Review). Bulgarian Journal of Agricultural Science 13: 683-689.

**Ghasemi, M., Arzani, K., Hassani, D., and Ghasemi, S. 2010.** Fatty acids composition of some selected walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in Markazi province. Journal of Food Science and Technology 7: 31-37 (in Persian).

**Golzari, M., Rahemi, M., Hassani, D., Vahdati, K., and Mohammadi, N. 2013.** Protein content, fat and fatty acids of kernel in some Persian walnut (*Juglans regia* L.) cultivars affected by kind of pollen. Journal of Food Science and Technology 38 (10): 21-31 (in Persian).

**Labuckas, D. O., Maestri, D. M., Perello, M., Martınez, M. L., and Lamarque, A. L. 2008.** Phenolics from walnut (*Juglans regia* L.) kernels: Antioxidant activity and interactions with proteins. Food Chemistry 107: 607-612.

**Li, L., Tsao, R., Yang, R., Liu, C. M., Zhu, H. H., and Young, J. C. 2006.** Polyphenolic profiles and antioxidant activities of heartnut (*Juglans ailanthifolia*

var. *cordiformis*) and Persian walnut (*Juglans regia* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 8033-8040.

**Mao, X., and Hua, Y. 2012.** Composition, structure and functional properties of protein concentrates and isolates produced from walnut (*Juglans regia* L.). International Journal of Molecular Science 13: 1561-1581.

**Martınez, M. L., Labuckas, D. O., Lamarque, A. L., and Maestri, D. M. 2010.** Walnut (*Juglans regia* L.): genetic resources, chemistry, by-products. Journal of Science Food Agriculture 90: 1959-1967.

**Metcalf, L. D., Schmitz, A. A., and Pelka, J. R. 1966.** Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. Analytical Chemistry 38: 514-515.

**Moigradean, D., Poiana, M. A., Alda, P., and Gogoasa, I. 2013.** Quantitative identification of fatty acids from walnut and coconut oils using GC-MS method. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies 19 (4): 459-463.

**Özcan, M. M. 2009.** Some nutritional characteristics of fruit and oil of walnut (*Juglans regia* L.) growing in Turkey. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering 28 (1): 57-62.

**Pereira, J. A., Oliveira, I., Sousa, A., Ferreira, I. C. F. R., Bento, A., and Estevinho, L. 2008.** Bioactive properties and chemical composition of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars. Food and Chemical Toxicology 46: 2103-2111.

**Rabrenovic, B., Dimic, E., Maksimovic, M., Sobajic, S., and Gajic-Krstajic, L. 2011.** Determination of fatty acid and tocopherol compositions and the oxidative stability of walnut (*Juglans regia* L.) cultivars grown in Serbia. Czech Journal of Food Science 29 (1): 74-78.

**Reiter, R. J., Manchester, L. C., and Dun-xian Tan, M. D. 2005.** Melatonin in walnuts: influence on levels of melatonin and total antioxidant capacity of blood. Nutrition 21: 920-924.

**Sarikhani Khorami, S., Arzani, K., and Roozban, M. R. 2012.** Identification and selection of twelve walnut superior and promising genotypes in Fars Province, Iran. Seed and Plant Improvement Journal 28-1 (2): 277-296 (in Persian).

**Sarikhani Khorami, S., Arzani, K., Roozban, M. R., and Mirsoleymani, M. 2013.** Evaluation of morphological, phenological and pomological diversity of some

Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in north of Fars Province. Iranian Journal of Horticultural Science 44 (3): 301-313 (in Persian).

**Venkatachalam, M., and Sathe, S. K. 2006.** Chemical composition of selected edible nut seeds. Journal of Agricultural and Food Chemistry 13: 4705-4714.

**Zeneli, G., Kola, H., and Dida, M. 2005.** Phenotypic variation in native walnut populations of Northern Albania. Scientia Horticulturae 105: 91-100.